

Best Available Copy

## PATENT ABSTRACTS OF JAPAN

(11)Publication number : 2002-191195

(43)Date of publication of application : 05.07.2002

(51)Int.Cl.

H02P 9/30

H02J 7/24

H02P 9/00

H02P 9/08

(21)Application number : 2000-385336

(71)Applicant : DENSO CORP

(22)Date of filing : 19.12.2000

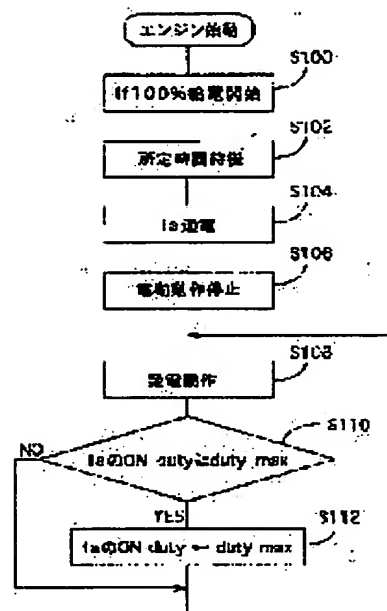
(72)Inventor : KAJIURA HIROAKI

## (54) MOTOR-GENERATOR FOR VEHICLE

(57)Abstract:

**PROBLEM TO BE SOLVED:** To provide a motor-generator for a vehicle wherein deterioration in the insulation coating of the field winding of a field winding-type synchronous machine is suppressed and yet the reduction of the size and the weight thereof is feasible.

**SOLUTION:** The motor-generator for a vehicle generates power when an engine is started and a vehicle is an driving. Letting the maximum allowable temperature of a rotor thereof, the maximum attainable temperature during generation that the rotor can attain during generation, the thermal capacity of the rotor, a field current passage time for starting the engine, the electrical resistance of a field winding, and field current be  $T_{max}$ ,  $T_{gmax}$ ,  $Q$ ,  $T$ ,  $r$ , and  $i$ , respectively, the field current during generation is limited so that  $(T_{gmax} + (i_{max} \cdot 2 \cdot r \cdot T) / Q)$  is less than  $T_{max}$  (S112). Thus, a motor-generator for a vehicle is obtained wherein deterioration in the field winding insulating coating of a field winding-type synchronous machine is prevented, and the further reduction in the size and the weight thereof is feasible.



## LEGAL STATUS

[Date of request for examination]

[Date of sending the examiner's decision of rejection]

[Kind of final disposal of application other than the examiner's decision of rejection or application converted registration]

[Date of final disposal for application]

[Patent number]

[Date of registration]

[Number of appeal against examiner's decision of rejection]

[Date of requesting appeal against examiner's  
decision of rejection]

[Date of extinction of right]

Copyright (C); 1998,2003 Japan Patent Office



(19) 日本国特許庁 (J P)

(12) 公開特許公報 (A)

(11) 特許出願公開番号

特開2002-191195

(P2002-191195A)

(43) 公開日 平成14年7月5日 (2002.7.5)

(51) Int.Cl.	識別記号	F I	テマコード (参考)
H 0 2 P	9/30	H 0 2 P 9/30	D 5 G 0 6 0
H 0 2 J	7/24	H 0 2 J 7/24	G 5 H 5 9 0
H 0 2 P	9/00	H 0 2 P 9/00	B
	9/08	9/08	B

審査請求 未請求 請求項の数 8 O L (全 9 頁)

(21) 出願番号 特願2000-385336 (P2000-385336)

(22) 出願日 平成12年12月19日 (2000. 12. 19)

(71) 出願人 000004260

株式会社デンソー

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地

(72) 発明者 梶浦 裕章

愛知県刈谷市昭和町1丁目1番地 株式会社デンソー内

(74) 代理人 100081776

弁理士 大川 宏

Fターム (参考) 5G060 AA20 CA10 DA01 DB07

5H590 AA01 AA03 AB05 CA23 CC24

CC28 CD01 CE05 DD64 EB02

FA06 FB01 FC12 GA02 GA05

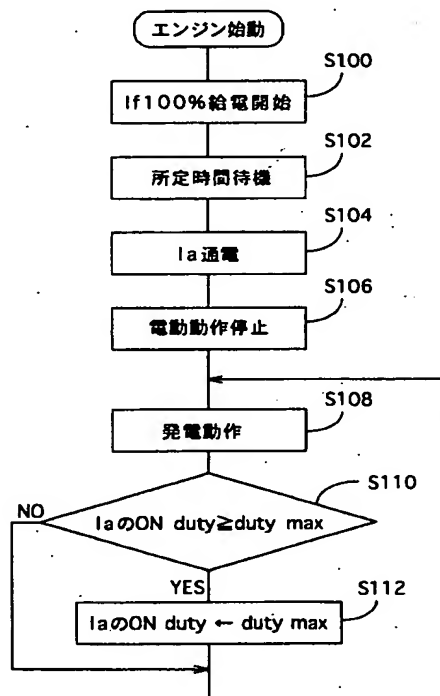
HA02 HA18

(54) 【発明の名称】 車両用電動発電装置

(57) 【要約】

【課題】 界磁巻線型同期機の界磁巻線絶縁皮膜の劣化を抑止しつつ小型軽量化が可能な車両用電動発電装置を提供すること。

【解決手段】 エンジン始動及び車両走行中の発電を行う車両用電動発電装置において、回転子の最高許容温度を  $T_{max}$ 、回転子が前記発電中に到達可能な発電時最高到達温度を  $T_{gmax}$ 、前記回転子の熱容量を  $Q$ 、前記エンジン始動のための界磁電流通電時間を  $T$ 、界磁巻線の電気抵抗を  $r$ 、界磁電流を  $i$  とする時、 $(T_{gmax} + (i_{max}^2 \cdot r \cdot T) / Q)$  が  $T_{max}$  未満となるように、発電中の界磁電流を制限する (S112)。このようにすれば、界磁巻線型同期機からなる界磁巻線絶縁皮膜の劣化を抑止しつつ小型軽量化が可能な車両用電動発電装置を実現することができる。



## 【特許請求の範囲】

【請求項 1】界磁巻線がロータコアに巻装された回転子を有する同期発電電動機と、  
 前記同期発電電動機の電機子巻線と電力授受する交直双方向電力変換器と、  
 前記界磁巻線に流れる界磁電流を断続制御する界磁回路と、  
 前記交直双方向電力変換器及び前記界磁回路を制御する制御回路と、  
 を有してエンジン始動及び車両走行中の発電を行う車両用電動発電装置において、  
 前記回転子の最高許容温度を $T_{max}$ 、前記回転子が前記発電中に到達可能な発電時最高到達温度を $T_{gmax}$ 、前記回転子の熱容量を $Q$ 、前記エンジン始動のための界磁電流通電時間を $T$ 、前記界磁巻線の電気抵抗を $r$ 、前記界磁電流を $i$ とした場合に、  
 $(T_{gmax} + (i^2 \cdot r \cdot T) / Q)$  が $T_{max}$ 未達となるように、発電中の前記界磁電流を制限することを特徴とする車両用電動発電装置。  
 【請求項 2】請求項 1 記載の車両用電動発電装置において、  
 前記制御回路は、最大界磁電流を $i_{max}$ とした場合にエンジン始動時に $(T_{gmax} + (i^2 \cdot r \cdot T) / Q)$  が $T_{max}$ より $10 \sim 40^\circ\text{C}$ 低くなるように発電中の界磁電流 $i$ を制限して発電時最高到達温度 $T_{gmax}$ を制限することを特徴とする車両用電動発電装置。  
 【請求項 3】請求項 1 記載の車両用電動発電装置において、  
 前記制御回路は、直前の所定時間内の平均の界磁電流値及び平均の電機子電流値に関連する電気量を求め、前記電気量に基づいて前記発電中の界磁電流又はエンジン始動中の界磁電流を制限することを特徴とする車両用電動発電装置。  
 【請求項 4】請求項 1 記載の車両用電動発電装置において、  
 前記制御回路は、周囲温度に関連する電気量を求め、前記電気量に基づいて前記発電中の界磁電流又はエンジン始動中の界磁電流を制限することを特徴とする車両用電動発電装置。  
 【請求項 5】界磁巻線がロータコアに巻装された回転子を有する同期発電電動機と、  
 前記同期発電電動機の電機子巻線と電力授受する交直双方向電力変換器と、  
 前記界磁巻線に流れる界磁電流を断続制御する界磁回路と、  
 前記交直双方向電力変換器及び前記界磁回路を制御する制御回路と、  
 を有してエンジン始動及び車両走行中の発電を行う車両用電動発電装置において、  
 前記制御回路は、

10

20

30

40

50

エンジン始動中に界磁電流及び電機子電流により前記ロータコアを含む前記磁気回路を磁気飽和させ、かつ、前記界磁電流 $\times$ 界磁巻線のターン数により決定される界磁起磁力 $F_f$ を、電機子電流 $\times$ 電機子巻線のターン数により決定されて前記界磁起磁力 $F_f$ と直交する電機子起磁力 $F_a$ より大きく設定することを特徴とする車両用電動発電装置。

【請求項 6】界磁巻線がロータコアに巻装された回転子を有する同期発電電動機と、  
 前記同期発電電動機の電機子巻線と電力授受する交直双方向電力変換器と、  
 前記界磁巻線に流れる界磁電流を断続制御する界磁回路と、  
 前記交直双方向電力変換器及び前記界磁回路を制御する制御回路と、  
 を有してエンジン始動及び車両走行中の発電を行う車両用電動発電装置において、  
 前記界磁巻線の層間に介設されて軸方向端部が前記界磁巻線の巻装方向と直角方向に延在して前記ロータコアに接する良熱伝導性フィルムを有することを特徴とする車両用電動発電装置。

【請求項 7】界磁巻線がロータコアに巻装された回転子を有する同期発電電動機と、  
 前記同期発電電動機の電機子巻線と電力授受する交直双方向電力変換器と、  
 前記界磁巻線に流れる界磁電流を断続制御する界磁回路と、  
 前記交直双方向電力変換器及び前記界磁回路を制御する制御回路と、  
 を有してエンジン始動及び車両走行中の発電を行う車両用電動発電装置において、  
 前記制御回路は、エンジン始動期間中における最初の所定期間に大きなデューティ比で前記界磁電流を前記界磁巻線に給電し、その後、より小さいデューティ比で前記界磁電流を前記界磁巻線に給電することを特徴とする車両用電動発電装置。

【請求項 8】請求項 7 記載の車両用電動発電装置において、  
 前記制御回路は、前記 $100\%$ デューティ比の給電は、前記エンジンが最初の圧縮行程の終了まで持続されることを特徴とする車両用電動発電装置。

## 【発明の詳細な説明】

## 【0001】

【発明の属する技術分野】本発明は、車両用電動発電装置に関する。本発明は、車両用エンジン始動兼バッテリー充電装置やハイブリッド電気自動車用の発電電動機として使用することができる。

## 【0002】

【従来の技術】界磁巻線を有する界磁ロータを装備した同期機を車両用発電電動機に用いることにより、エンジ

ン始動と走行中の発電とを単一の回転電機で行うことが従来より提案されている。

#### 【0003】

【発明が解決しようとする課題】しかしながら、車両用発電電動機では、大電力発電直後にエンジンをたとえばアイドルストップなどで停止し、その短時間後に再度エンジン始動を行うと、エンジン始動のために界磁巻線に大界磁電流を悪冷却条件（低速回転条件）下で流す必要があるため、界磁巻線が絶縁皮膜の最高許容温度 $T_{max}$ を超え、絶縁皮膜の絶縁劣化や損傷を招く可能性が生じる。

【0004】したがって、車両用発電電動機では、最高の周囲温度における最大発電直後にエンジン始動を行うという上記最悪条件下で、界磁巻線温度がその絶縁皮膜の最高許容温度 $T_{max}$ を超えないように設計する必要がある。このため、エンジン始動機能兼発電機能をもつ車両用発電電動機の体格は、発電機能のみをもつ車両用発電電動機に比較して特に内燃機関車（内燃機関の発生トルクを機械的に車輪駆動機構に伝達する通常の車両）では、格段に大きくする必要がある。

【0005】しかしながら、このようなエンジン始動という短時間の熱的過酷条件に合わせて車両用発電電動機を設計することは、車両用発電電動機の運転時間のほとんどにおいて、車両用発電電動機に冗長な熱的余裕を持たせることになり、その体格、重量の増大が採用を困難としていた。

【0006】本発明は上記問題点に鑑みなされたものであり、界磁巻線型同期機の界磁巻線絶縁皮膜の劣化を抑止しつつ小型軽量化が可能な車両用電動発電装置を提供することをその目的としている。

#### 【0007】

【課題を解決するための手段】請求項1記載の車両用電動発電装置は、界磁巻線がロータコアに巻装された回転子を有する同期発電電動機と、前記同期発電電動機の電機子巻線と電力授受する交直双方向電力変換器と、前記界磁巻線に流れる界磁電流を断続制御する界磁回路と、前記交直双方向電力変換器及び前記界磁回路を制御する制御回路とを有してエンジン始動及び車両走行中の発電を行う車両用電動発電装置において、前記回転子の最高許容温度を $T_{max}$ 、前記回転子が前記発電中に到達可能な発電時最高到達温度を $T_{gmax}$ 、前記回転子の熱容量を $Q$ 、前記エンジン始動のための界磁電流通電時間を $T$ 、前記界磁巻線の電気抵抗を $r$ 、前記界磁電流を $i$ とした場合に、前記制御回路は、 $(T_{gmax} + (i^2 \cdot r \cdot T) / Q)$ が $T_{max}$ 未満となるように、発電中の前記界磁電流を制限することを特徴としている。

【0008】このようにすれば、界磁巻線型同期機からなる界磁巻線絶縁皮膜の劣化を抑止しつつ小型軽量化が可能な車両用電動発電装置を実現することができる。

【0009】以下、更に詳しく説明する。

【0010】本発明者らは種々実験により、従来のエンジン始動用のスタータモータに比較して格段に低い回転数でエンジン始動トルクを発生する車両用発電電動機では、回転子の質量及びその熱容量が大きく、かつ、エンジン始動期間がサブミリ秒（通常0.2秒）未満と極めて短いため、このエンジン始動期間中に界磁巻線に発生した熱のほとんどは、回転子中に留まり、その結果、回転子の温度上昇に費やされることを見いだした。

【0011】したがって、ほぼ界磁巻線及びロータコアの質量により決定される回転子の熱容量 $Q$ 、エンジン始動期間の長さを $T$ 、界磁巻線の電気抵抗を $r$ 、界磁電流を $i$ とすれば、エンジン始動時の界磁巻線の温度上昇 $\Delta T$ は $(i^2 \cdot r \cdot T) / Q$ とみなすことができることがわかった。

【0012】すなわち、 $(T_{gmax} + (i^2 \cdot r \cdot T) / Q)$ が $T_{max}$ 未満でかつ略一致するように（好適には10～40℃低くなるように）、発電中の界磁電流又はエンジン始動中の界磁電流を制限することにより、界磁巻線の絶縁皮膜を熱劣化させることなく、小型の車両用発電電動機でエンジンを最大限短時間で始動することができる。

【0013】すなわち、上記発電中の界磁電流を制限すれば、それにより、界磁巻線型同期機の特に界磁巻線の発電時最高到達温度 $T_{gmax}$ を低減でき、その直後にエンジン始動がなされても、回転子の熱容量により温度上昇可能量（最高許容温度 $T_{max}$ －発電時最高到達温度 $T_{gmax}$ ）が増大し、小型の回転子でエンジン始動が可能となる。

【0014】なお、上記エンジン始動中の界磁電流を制限することはエンジン始動トルクの減少を招くので好ましくない。

【0015】請求項2記載の構成によれば請求項1記載の車両用電動発電装置において更に、前記制御回路は、最大界磁電流を $i_{max}$ とした場合にエンジン始動時に $T_{gmax} + Q / (i_{max}^2 \cdot r \cdot T)$ が $T_{max}$ より10～40℃低くなるように発電中の界磁電流 $i$ を制限して発電時最高到達温度 $T_{gmax}$ を制限することを特徴としている。

【0016】このようにすれば、上記効果を良好に奏することができる。また、エンジン始動時に界磁巻線に最大の（100%デューティ比）の界磁電流を通電できるので、回転子を小型化することができる。

【0017】請求項3記載の構成によれば請求項1記載の車両用電動発電装置において更に、前記制御回路は、直前の所定時間内の平均の界磁電流値及び平均の電機子電流値に関連する電気量を求め、前記電気量に基づいて前記界磁電流の制限値を変更することを特徴としている。

【0018】すなわち、エンジン始動直前の界磁巻線温度は、直前の所定時間内の平均の界磁電流値及び平均の電機子電流値に連動し、これらの値は、たとえば界磁回路や交直双方向電力変換器のデューティ比などで容易に

略推定できるので、これらの値に基づいて界磁電流を変更する。たとえば、界磁電流及び電機子電流の平均デューティが大きければ界磁電流のデューティ比を削減し、小さければ界磁電流のデューティ比を増大する。

【0019】このようにすれば、車両用発電電動機の体格を増大することなく、かつ、エンジン始動時間を増大することなく、エンジン始動を実施することができる。

【0020】請求項4記載の構成によれば請求項1記載の車両用電動発電装置において更に、前記制御回路は、周囲温度に関連する電氣量を求め、前記電氣量に基づいて前記界磁電流の制限値を変更することを特徴としている。

【0021】すなわち、エンジン始動直前の界磁巻線温度は、周囲温度に連動し、周囲温度（外気温度でもよく、制御回路温度でもよい）の概略値は、たとえばサーミスタや回路素子の抵抗値変化として容易に推定できるので、検出した周囲温度で界磁電流を変更する。たとえば、周囲温度が高ければ界磁電流のデューティ比を削減し、低ければ界磁電流のデューティ比を増大する。

【0022】このようにすれば、車両用発電電動機の体格を増大することなく、かつ、エンジン始動時間を増大することなく、エンジン始動を実施することができる。

【0023】請求項5記載の車両用電動発電装置は、界磁巻線がロータコアに巻装された回転子を有する同期発電電動機と、前記同期発電電動機の電機子巻線と電力授受する交直双方向電力変換器と、前記界磁巻線に流れる界磁電流を断続制御する界磁回路と、前記交直双方向電力変換器及び前記界磁回路を制御する制御回路とを有してエンジン始動及び車両走行中の発電を行う車両用電動発電装置において、前記制御回路は、エンジン始動中に界磁電流及び電機子電流により前記ロータコアを含む前記磁気回路を磁気飽和させ、かつ、前記界磁電流×界磁巻線のターン数により決定される界磁起磁力 $F_f$ を、電機子電流×電機子巻線のターン数により決定されて前記界磁起磁力 $F_f$ と直交する電機子起磁力 $F_a$ より大きく設定することを特徴としている。このようにすれば、界磁巻線型同期機の体格増大なしにエンジン始動トルクを増大することができ、かつ、発電中は界磁電流を低減して磁気回路の磁気飽和を防止するので、損失を低減して高効率の発電を行うことができる。

【0024】請求項6記載の車両用電動発電装置は、界磁巻線がロータコアに巻装された回転子を有する同期発電電動機と、前記同期発電電動機の電機子巻線と電力授受する交直双方向電力変換器と、前記界磁巻線に流れる界磁電流を断続制御する界磁回路と、前記交直双方向電力変換器及び前記界磁回路を制御する制御回路とを有してエンジン始動及び車両走行中の発電を行う車両用電動発電装置において、前記界磁巻線の層間に介設されて軸方向端部が前記界磁巻線の巻装方向と直角方向に延在して前記ロータコアに接する良熱伝導性フィルムを有する

ことを特徴としている。

【0025】いままでの説明からわかるように、界磁巻線型同期機を用いた車両用発電電動機では、その後の走行時の発電に比べて格段に低速運転で大トルクを発生する必要があるため、エンジン始動時の界磁巻線の温度が、回転子質量（熱容量）決定し、ひいては車両体格をほとんど決定する。

【0026】ただ、回転子のロータコアと界磁巻線との間には伝熱抵抗があるため、回転子のロータコアと界磁巻線との間には温度差が生じる。この温度差が小さければ、回転子の質量（熱容量）が一定でも、ロータコアの温度を高めることができ、その分だけ界磁電流を増大してトルクを増大することができる。

【0027】更に深く検討すると、界磁巻線のうち軸方向及び径方向の中央部の温度上昇が最も大きい。これは、界磁巻線は絶縁皮膜で被覆されて互いに隣接しており、上記中央部の熱は、熱伝導率が悪いこれら絶縁皮膜を多重に貫流してロータコアに達するためである。

【0028】そこで、本構成では、界磁巻線の内部に薄い良熱伝導性の金属フィルムを巻き込むことを特徴とする。この金属フィルムは薄いので界磁巻線収容スペースをほとんど減らすことはない。金属フィルムは軸方向及び周方向に延在し、その軸方向端部はロータコアの端面部分（界磁巻線に対面する）に密着する。

【0029】このようにすれば、界磁巻線の軸方向及び径方向中央部の熱を良好にロータコアに放散することができ、上述したように実質的な回転子の熱容量 $Q$ を増大してエンジン始動トルクを向上することができる。

【0030】請求項7記載の車両用電動発電装置は、界磁巻線がロータコアに巻装された回転子を有する同期発電電動機と、前記同期発電電動機の電機子巻線と電力授受する交直双方向電力変換器と、前記界磁巻線に流れる界磁電流を断続制御する界磁回路と、前記交直双方向電力変換器及び前記界磁回路を制御する制御回路とを有してエンジン始動及び車両走行中の発電を行う車両用電動発電装置において、前記制御回路は、エンジン始動期間中における最初の所定期間に大きな（好適には100%の）デューティ比で前記界磁電流を前記界磁巻線に給電し、その後、より小さいデューティ比で前記界磁電流を前記界磁巻線に給電することを特徴としている。

【0031】いままでの説明からわかるように、界磁巻線型同期機を用いた車両用発電電動機では、その後の走行時の発電に比べて格段に低速運転で大トルクを発生する必要があるため、エンジン始動時の界磁巻線の温度に依存する回転子の熱吸収量（熱吸収量＝熱容量（平均比熱×平均質量）×温度上昇量）が界磁巻線のエンジン始動時の発熱総量とが略一致する。この界磁巻線の発熱総量は、界磁電流の二乗×通電時間（エンジン始動時間）であり、エンジンを始動（所定回転数値まで駆動する）ための回転エネルギーすなわち車両用発電電動機の発生

エネルギーは界磁束量×電機子電流量×通電時間に略比例すると見なすことができる。すなわち、エンジン始動のために車両用発電電動機がエンジンに与えるエネルギーを一定と仮定すれば、通電時間（エンジン始動時間）が長くなるほど、界磁電流を小さくでき、その分、界磁巻線の発熱総量は減ることがわかる。たとえば、界磁電流が 30% 減れば、界磁巻線の発熱総量も 30% 減ることになる。

【0032】ところが、静止状態のエンジンを回転させるには、そのには静止摩擦係数に依存する大きな静止フリクショントルク（及びエンジンの圧縮仕事により生じるトルク）を超える電動トルクをエンジンに与える必要がある。この電動トルクはたとえばフレミングの法則からわかるように界磁束量すなわち界磁電流の大きさに依存する。すなわち、界磁電流量はある限度以上減らすことはできない。また、エンジン始動のために車両用発電電動機がエンジンに与えるエネルギーは一定ではなく、エンジンの回転慣性エネルギーは一定であるが、フリクションロスなどで失われるエネルギーは時間に比例する。バッテリーの負担を考えると、ある限度以上、エンジン始動時間を延長することはできない。このため、従来では、バッテリー電力がエンジン加速エネルギー以外の摩擦ロスで無駄に消耗するのを防止するためできるだけ短時間でエンジン始動を行う。

【0033】これに対して、本発明の車両用電動発電装置に用いる界磁巻線型同期機では、界磁巻線が回転子に巻装されているために、軸方向及び径方向の中央部の放熱性が、従来のスタータモータとして使われる直流モータに比較して格段に悪く、エンジン始動時は比較的低回転であるため空気への放熱も小さい。これは界磁巻線型同期機では、界磁巻線が巻装されるロータコアが一对の軸受けを介してハウジングから熱的に浮いているために、エンジン始動時における界磁巻線の過渡的な一時大発熱に対しては回転子の温度上昇（熱容量）で吸収せざるを得ないためである。従来の直流モータでは、界磁巻線はハウジングと一体化した大質量のスタータコアに巻装され、これとは全く状況が異なる。

【0034】界磁巻線型同期機を用いた車両用発電電動機におけるこの問題に対処するために、本構成では、エンジン始動期間中における最初の所定期間に 100% デューティ比（又は、所定値以上のデューティ比）の界磁電流を給電し、その後、より小さいデューティ比で前記界磁電流を給電する。

【0035】このようにすれば、静止フリクションが大きいエンジン始動期間の初期に強力にエンジンを回転させて大きな静止摩擦力や圧縮行程におけるエンジン駆動トルクのピークを確実に乗り越え、その後、界磁巻線の発熱総量を低減して回転子の温度上昇を抑止するために界磁電流を低減するので、界磁巻線の絶縁皮膜の熱的劣化を抑止しつつ回転子の熱容量すなわち質量の低減を図

り、車両用発電電動機の小型化を実現することができる。

【0036】なお、このエンジン始動期間の後期における界磁電流の低減は、外気温度又はエンジン始動期間直前の車両用発電電動機の温度が高いとみなされる場合に限って実施してもよい。このようにすると、それ以外の期間における摩擦ロスや風損などによるバッテリー消耗を減らし及び運転フィーリングを向上することができる。更に、外気温度又はエンジン始動期間直前の車両用発電電動機の温度が高いとみなされる場合は前述のように種々の電気量で推定することができる。

【0037】請求項 8 記載の構成は請求項 7 記載の車両用電動発電装置において更に、前記制御回路は、前記 100% デューティ比（又は所定デューティ比以上）での給電は、前記エンジンが最初の圧縮行程の終了まで持続されることを特徴としている。

【0038】このようにすれば、圧縮行程終期に発生するエンジン駆動トルクの最初の山を確実に越えることができる。

【発明の実施の形態】本発明の好適な態様を以下の実施例を参照して以下に説明する。

【0039】

【実施例 1】（全体構成）この実施例の車両用電動発電装置の全体構成を図 1 に示す。

【0040】回転機 100 は、ロータコア 112 に巻装された界磁巻線 111 より構成されるロータ 110 と、ステータコア 122 に巻装された電機子巻線 121 より構成されるステータ 120 と、ロータ 110 の回転位置を検出する回転センサ 130、界磁巻線 111 に直流電力を供給するブラシ 141、スリップリング 142 から構成される給電器 140 を有している。回転機 100 の電機子巻線 121 は、インバータ 200 から三相電力が給電されている。

【0041】インバータ 200 は、トランジスタ 201a～201c、202a～202c とダイオード 203a～203c、204a～204c により構成されている。

【0042】界磁回路 300 は、トランジスタ 301 とダイオード 302 で構成され、給電器 140 を介して界磁巻線 111 に直流電力を供給している。コントローラ 400 は、要求信号及び回転センサ 130 の信号に基づいて、インバータ 200、界磁回路 300 を制御している。インバータ 200 および界磁回路 300 は、コンデンサ 500、バッテリー 600 と電力授受し、バッテリー 600 は電気負荷 700 に給電している。回転機 100 のロータ 110 はエンジン（図示しない）のクランク軸にベルト等の伝達機構を介して機械的に連結されている。

【0043】上述した構成の詳細は既に周知であるので、これ以上の説明は省略する。

（エンジン始動動作）この実施例の特徴をなすエンジン

始動動作を図7に示す制御回路400のフローチャートを参照して以下に説明する。

【0044】まず、回転機100によりエンジンを始動させる場合、界磁回路300が界磁巻線111に電力を供給し、界磁起磁力 $F_f$ を発生させることによってロータコア110を磁化し、ステータ120に対して界磁磁束 $\phi_f$ を発生させる。界磁巻線111が大きなインダクタンスをもつので、界磁電流が増大するまで所定時間待機する。なお、ステップS102を省略してエンジン始動時間を短縮してもよい。

【0045】次に、インバータ200のトランジスタ201～203を順次スイッチングして、電機子巻線121に三相交流電流を通電する。これにより、電機子巻線121は、電機子起磁力 $F_a$ が発生し、回転機100には、界磁起磁力 $F_f$ と電機子起磁力 $F_a$ とのベクトル和 $F_f \cdot F_a$ からなる合成起磁力 $F_g$ が作用し、合成磁束 $\phi_g$ が発生し、トルクが生じ、エンジンが始動される。回転数が所定値に達したことを検出したら電機子電流を停止してエンジン始動動作を停止し、その後、回転数が更に高い所定値に達したことを検出したら発電動作を開始する。

【0046】（エンジン始動トルクの増強）次に、この実施例におけるエンジン始動トルクの増強法について以下に説明する。

【0047】磁気回路が非飽和の状態における $F_f$ に対して $F_a$ を $90^\circ$ 位相差をもたせて加えたときのベクトル図を図2に示す。磁気回路が飽和していない状態では、合成磁束 $\phi_g$ は界磁磁束 $\phi_f$ の増加により増加し、界磁磁束 $\phi_f$ が、合成磁束 $\phi_g$ の界磁起磁力方向成分 $\phi_{gd}$ となる。

【0048】トルクは、合成磁束 $\phi_g$ の界磁起磁力方向成分 $\phi_{gd}$ （＝界磁磁束 $\phi_f$ ）と電機子起磁力 $F_a$ とのベクトル積で決定される。

【0049】以上は、磁気回路が飽和していないときの現象であるが、この実施例では、発電時は磁気回路を非飽和状態で使用し、エンジン始動時には磁気回路を十分に飽和した領域で使用する。ロータコア等に利用される鉄心のB-Hカーブを図4に示す。B-Hカーブは、磁化力H（起磁力）を増加していってもそれに伴って磁束密度すなわち磁束量が増加しないという非線形の磁気飽和特性を示すから、磁束密度Bが1.4T程度で使用する。

【0050】磁気回路が飽和した状態でのベクトル図を図3に示す。このとき、合成磁束 $\phi_g$ は増加せず、その合成磁束 $\phi_g$ の界磁起磁力方向成分 $\phi_{gd}$ は $\phi_f$ より小さくなる。これは界磁磁束 $\phi_f$ が増加しても磁気回路の飽和により合成磁束 $\phi_g$ の界磁起磁力方向成分 $\phi_{gd}$ の増加が抑止されるためである。なお、磁気回路の飽和にもかかわらず、界磁磁束 $\phi_f$ が増加可能なのは、トルクは、合成磁束 $\phi_g$ の界磁起磁力方向成分 $\phi_{gd}$

d（＝界磁磁束 $\phi_f$ ）と電機子起磁力 $F_a$ とのベクトル積で決定されるため、合成起磁力 $F_g$ と界磁起磁力 $F_f$ との間の位相角度 $\theta$ が小さい方（換言すれば、電機子起磁力 $F_a$ に対して界磁起磁力 $F_f$ を相対的に大きくした方）が、合成磁束 $\phi_g$ の界磁起磁力方向成分 $\phi_{gd}$ が大きくなるために、高トルクが得られることである。

【0051】つまり、界磁磁束 $\phi_f$ の大きさが増加しなくても、電機子起磁力 $F_a$ に対して界磁起磁力 $F_f$ が大きくなることにより、電機子起磁力 $F_a$ に対してベクトル的に直交する合成磁束 $\phi_g$ の界磁起磁力方向成分 $\phi_{gd}$ が増加するため、トルクが増大するわけである。界磁起磁力 $F_f$ の変化による電機子起磁力とトルクの特異変化を図5に示す。

【0052】磁気飽和し、かつ、起磁力のスカラ和（ $F_a + F_f$ ）を一定としたモデルにおいて、界磁起磁力 $F_f$ と電機子起磁力 $F_a$ を変化させた場合の発生トルクの変化を図6に示す。図6中、 $T_m$ は磁気飽和していないときの発生トルクを表す。図6から、界磁起磁力 $F_f$ と電機子起磁力 $F_a$ とが等しいときに起磁力がトルクに最も有効に利用されていることがわかる。

【0053】すなわち、鉄心飽和型の界磁巻線同期機では、界磁起磁力 $F_f$ を電機子起磁力 $F_a$ より大きくするにつれて磁気回路の飽和にもかかわらず電動トルクを増大できることが理解される。

【0054】実際に使用するときには、エンジン始動においては界磁回路300のトランジスタ301はフルONとしバッテリー600の端子電圧、界磁巻線111の抵抗、トランジスタ301のドロップ電圧で略決定される界磁電流の最大値を界磁巻線111に流す。当然、トランジスタ301の容量は、界磁巻線111の抵抗が最も小さい低温時に流れる電流を考慮して選定される。エンジン始動後、回転機100の発電機として使用する場合は、バッテリー電圧が規定の電圧となるように界磁回路線300のトランジスタ301をON、OFF制御する。

【0055】この実施例では特に、界磁巻線111の絶縁皮膜の耐熱温度である最高許容温度 $T_{max}$ から、界磁巻線111と絶縁材およびロータコア112の熱容量（すなわち回転子の熱容量）とエンジン始動時の界磁巻線111の発熱量 $Q$ とでほぼ決定される温度上昇分 $\Delta T$ を差し引いた温度以下になるように、発電時における界磁電流（更に具体的に言えばトランジスタ301のオンデュール比）を制限する。

【0056】これにより、発電停止直後にエンジンを停止し、その直後にエンジンを再始動するという熱的に最悪の条件下でも、界磁巻線111の絶縁皮膜の熱容量熱的損傷を防止し確実なエンジン始動を確保しつつ及び最大の発電電力を得ることができる。また、この実施例によれば、発電出力の制限を界磁電流の削減により行っているため、界磁巻線の温度低下に直結し、好適である。

【0057】（回転子の仕様）この実施例に用いる回転

子の熱的仕様について以下に説明する。

【0058】この実施例では、回転子の最高許容温度を $T_{max}$ 、回転子が発電中に到達可能な発電時最高到達温度を $T_{gmax}$ 、回転子の熱容量（この実施例ではほぼ鉄心の比熱×質量＋界磁巻線の比熱×質量となる。永久磁石を併用する場合にはその熱容量も加算される）を $Q$ 、エンジン始動のための界磁電流通電時間を $T$ 、界磁巻線の電気抵抗を $r$ 、エンジン始動時の界磁電流を最大界磁電流 $i_{max}$ とし、エンジン始動時の界磁電流を100%デューティ比すなわちトランジスタ301の常時オン状態とした場合に、 $(T_{gmax} + (i_{max}^2 \cdot r \cdot T) / Q)$ が $T_{max}$ より20～40℃低くなるように、 $T_{max}$ 、 $Q$ 、 $i_{max}$ （エンジン始動時の100%デューティ比の時の界磁電流値）、 $r$ 、 $T$ 、 $T_{gmax}$ を設定している。

【0059】これにより、界磁巻線同期機からなる界磁巻線絶縁皮膜の劣化を抑止しつつ小型軽量化が可能な車両用電動発電装置を実現することができる。

【0060】（変形態様）上記実施例では、発電時の界磁電流制限の界磁電流制限により、界磁巻線111の絶縁皮膜の熱的劣化を回避しつつ、エンジン始動と発電との両立を図ったが、エンジン始動直前における回転子の温度は、エンジン始動直前における所定期間の界磁電流量、電機子電流量及び周囲温度に依存する。

【0061】そこで、この態様では、エンジン始動直前に、直近の所定期間の平均界磁電流量、平均電機子電流量及び周囲温度から回転子温度 $T_r$ を推定し、回転子温度 $T_r$ に基づいて電機子電流のオンデューティ比の最大値 $DUTY_{max}$ を内蔵のマッピングに基づいて決定する。たとえば、回転子温度 $T_r$ が高ければ $DUTY_{max}$ を減少し、回転子温度 $T_r$ が高ければ $DUTY_{max}$ を増加する。これにより、回転子温度 $T_r$ が許す範囲において最大の発電電力を出力することができる。この動作を図8にフローチャートとして示す。

【0062】

【実施例2】他の実施例を図9を参照して以下に説明する。

【0063】いままでの説明により、界磁巻線同期機を用いた車両用発電電動機では、回転子の熱容量 $Q$ を増大することの重要性が理解されるが、それは回転子の体格増大を招いてしまう。

【0064】そこで、この実施例では、界磁巻線111とロータコア121との間の熱伝導性すなわち、両者間の温度差を低減することにより、ロータコア121の実質的な熱容量を増大する。回転子の模式径方向部分断面図である図9を参照して更に説明する。

【0065】この実施例では、界磁巻線111は、ロータコア112の外周面に凹設されたコイル収容溝113に収容されている。コイル収容溝113の略径方向に伸びるロータコア112の一对の溝端面により区画されている。

【0066】界磁巻線111中には、略接線方向に延在する銅フィルム114、115が延在している。銅フィルム114、115の周方向両端部は、ロータコア112の上記一对の溝端面に密着しつつ径方向外側へ延在している。

【0067】このようにすれば、界磁巻線111の中央部の熱はこの銅フィルム114、115を通じて良好にロータコア112に放散されるので、ロータコア112の温度を発電時最高到達温度 $T_{gmax}$ に接近させることができ、その熱容量を増大することができ、その分、界磁電流の増大を図ることができる。

【0068】

【実施例3】他の実施例を以下に説明する。

【0069】既に説明したように、バッテリー蓄電量が許せば、エンジン始動期間中における最初の所定期間を除いて、界磁電流を低減し、その分だけ界磁電流通電時間を延長するという手法により、界磁巻線111の温度上昇を抑止しつつエンジンを必要回転数まで駆動することができ、その分だけ、回転子を小型化することができる。図10にこの制御動作を示すフローチャートを示す。

【0070】すなわち、エンジン始動のために界磁電流を100%デューティ比で通電し、同時に電機子電流 $I_a$ を通電してから回転子温度 $T_r$ を上述の方法で推定し、回転子温度 $T_r$ が所定しきい値 $Tr_{th}$ 未満なら、回転数が所定値に達したことを検出してエンジン始動動作を終了する（図7のS106）。

【0071】回転子温度 $T_r$ が所定しきい値 $Tr_{th}$ 以上なら、界磁電流の100%デューティ比通電が所定値（ここでは0.15秒）経過するまで待機し、その後、界磁電流のオンデューティ比を70%とする。これにより以後の界磁巻線11の発熱は約半分となり、電動トルクは30%減となるはずであるが、実際には磁気回路が飽和状態から解放されて界磁電流の有効利用が可能となるために界磁束の減少はたとえば15%減に留まる。この界磁束減少によるエンジン加速量の減少は通電時間の増大で補うが、通電時間の増大は界磁巻線111の総発熱量の増大及びバッテリーの消耗（エンジン回転の加速以外の摩擦や風損などで失われるエネルギーロスが存在するため）を招く。しかし、通電時間は2倍にはならず、結局、回転子の高温時にはエンジン始動時間は幾分増大するものの界磁巻線111の総発熱量を低減して絶縁皮膜の過熱を防止することができる。

【0072】なお、界磁巻線111の100%デューティ比（又は所定デューティ比以上）給電は、エンジンが最初の圧縮行程の終了まで持続される。これより、圧縮行程終期に発生するエンジン駆動トルクの最初の山を確実に超えることができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】この実施例の装置の全体構成図である。

【図 2】図 1 の界磁巻線型同期機の磁気回路が非飽和の状態における起磁力状態を示すベクトル図である。

【図 3】図 1 の界磁巻線型同期機の磁気回路が飽和の状態における起磁力状態を示すベクトル図である。

【図 4】図 1 の界磁巻線型同期機の磁気回路を構成する磁性材料の磁気特性を示す B-H カーブである。

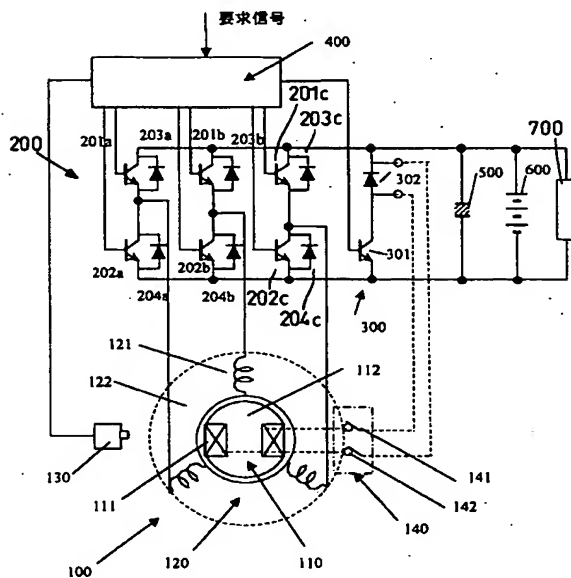
【図 5】図 1 の界磁巻線型同期機の界磁起磁力の変化による電機子起磁力とトルクの特性変化を示す特性図である。

【図 6】図 1 の界磁巻線型同期機の界磁起磁力と電機子起磁力との変化による発生トルクの変化を示す特性図である。

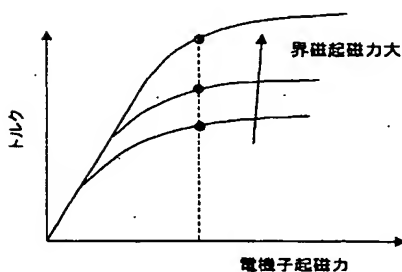
【図 7】図 1 の界磁巻線型同期機の制御動作を示すフローチャートである。

【図 8】図 1 の界磁巻線型同期機の制御動作を示すフロ

【図 1】



【図 5】



ーチャートである。

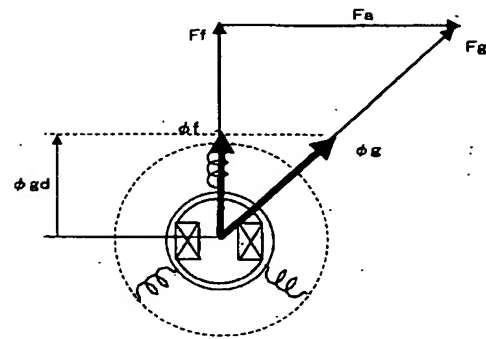
【図 9】図 1 の界磁巻線型同期機の他の実施例を示す部分径方向断面図である。

【図 10】図 1 の界磁巻線型同期機の他の実施例の制御動作を示すフローチャートである。

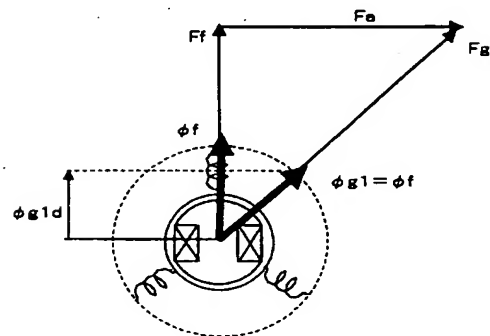
【符号の説明】

- 100 同期発電電動機
- 110 回転子
- 111 界磁巻線
- 112 ロータコア
- 121 電機子巻線
- 200 交直双方向電力変換器
- 300 界磁回路
- 400 制御回路

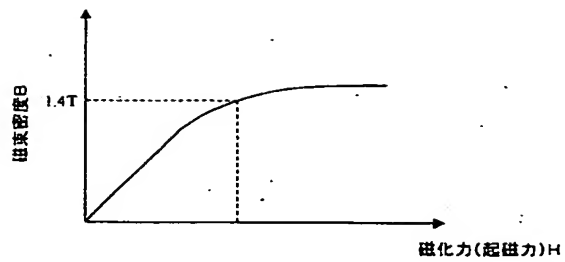
【図 2】



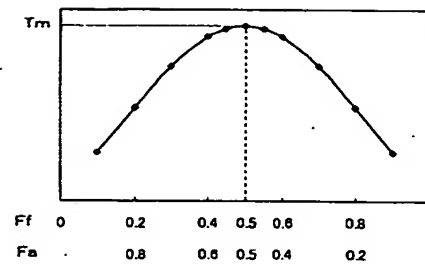
【図 3】



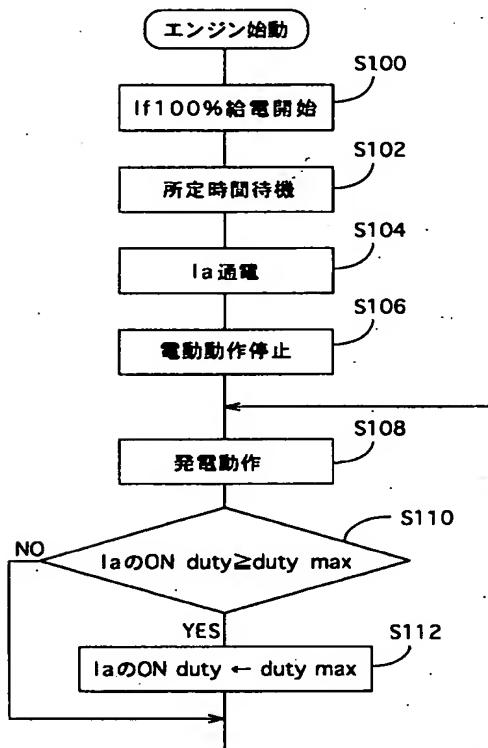
【図4】



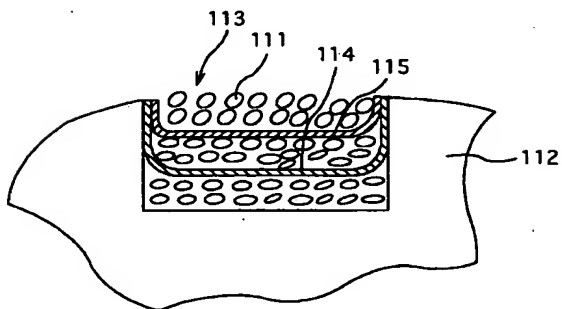
【図6】



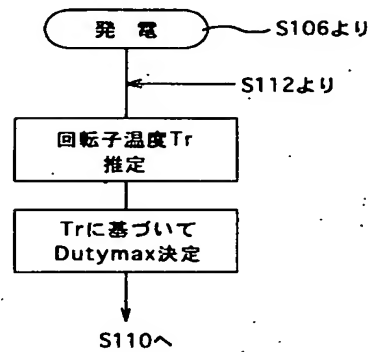
【図7】



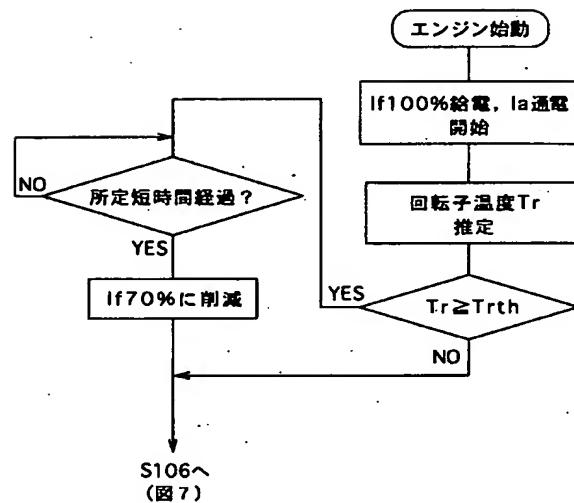
【図9】



【図8】



【図10】



**This Page is Inserted by IFW Indexing and Scanning  
Operations and is not part of the Official Record**

**BEST AVAILABLE IMAGES**

Defective images within this document are accurate representations of the original documents submitted by the applicant.

Defects in the images include but are not limited to the items checked:

- ☐ BLACK BORDERS
- ☐ IMAGE CUT OFF AT TOP, BOTTOM OR SIDES
- ☐ FADED TEXT OR DRAWING
- ☒ BLURRED OR ILLEGIBLE TEXT OR DRAWING
- ☐ SKEWED/SLANTED IMAGES
- ☐ COLOR OR BLACK AND WHITE PHOTOGRAPHS
- ☐ GRAY SCALE DOCUMENTS
- ☐ LINES OR MARKS ON ORIGINAL DOCUMENT
- ☐ REFERENCE(S) OR EXHIBIT(S) SUBMITTED ARE POOR QUALITY
- ☐ OTHER: \_\_\_\_\_

**IMAGES ARE BEST AVAILABLE COPY.**

**As rescanning these documents will not correct the image problems checked, please do not report these problems to the IFW Image Problem Mailbox.**